

# El nacimiento de la NUEVA FISICA

En la entrega de julio hemos terminado de describir el modelo atómico concebido por Rutherford: un núcleo circulado a gran distancia por electrones, y más aún, el mismo núcleo compuesto por protones y neutrones. Esta imagen del átomo fue exigida por varios experimentos, principalmente el bombardeo de partículas alfa contra laminillas de oro y otros metales. Su éxito en explicar dichos experimentos fue naturalmente aplaudido por el mundo científico de entonces. Empero simultáneamente se señalaron algunas deficiencias en ese mismo modelo. Hacia 1870 el físico escocés James C. Maxwell había resumido magistralmente los conocimientos acerca de la electricidad y del magnetismo en cuatro ecuaciones conocidas como leyes de Maxwell. Estas leyes enlazan las fuerzas eléctricas y magnéticas con sus fuentes, las cargas eléctricas en movimiento. Esta teoría electromagnética constituyó el broche de oro de la física clásica iniciada por Galileo y Newton, y llevada adelante por Coulomb, Volta, Faraday, y muchos más. Comprenderá el lector que no entremos en más detalles de la teoría electromagnética, su lenguaje matemático nos impide hacerlo dentro del marco de este comentario. Aceptemos, pues, aquí sus consecuencias sin más. Una de ellas nos dice que cuando una partícula con carga eléctrica se desplaza como lo hace el electrón alrededor del núcleo emite energía en forma de onda electromagnética.

Recordemos que esto es lo característico de una onda, transportar no materia sino energía, como lo podemos ver en la onda más sensible, la producida en un estanque al agitar el agua en el centro del mismo: nace una onda que se propaga hasta las orillas del estanque. Lo que se propaga no son las gotas de agua perturbadas en el centro sino la misma perturbación consistente en el movimiento de vaivén de las gotas. Esta perturbación encierra la energía mecánica comunicada al agua por el agitador externo, lo que se propaga desde el centro hacia las orillas es esa energía mecánica.

Una onda electromagnética se produce no en un medio material como el agua sino en el vacío, transportando una vibración de fuerzas eléctricas y magnéticas producidas inicialmente por cargas eléctricas, que semejarían al agitador mecánico causante de la onda acuática.

Este es básicamente el proceso por el cual son transmitidas las ondas de radio, descubierto por Herz en 1887 confirmando brillantemente la teoría maxwelliana.

Pues bien, el electrón es una partícula cargada y por tanto, de acuerdo a la teoría electromagnética, tiene que emitir energía al orbitar alrededor del núcleo. Pero si así lo hiciera iría perdiendo energía y concomitantemente su órbita tendría que ir disminuyendo en su radio (pues de éste depende la energía del electrón) describiendo una espiral hasta ser absorbido por el núcleo.

## EL MODELO ATOMICO DE BOHR

¿Cómo salir de semejante disyuntiva? Si las leyes del electromagnetismo mantienen su vigencia en el mundo atómico el átomo de Rutherford no puede consistir, o la imagen Rutherfordiana es válida y entonces fallan en el campo atómico las leyes de Maxwell. Sin embargo los átomos son dinámicamente estables, lo que inclinó los ánimos hacia la segunda parte de la disyuntiva. En efecto, de esa contradicción sólo se podía salir admitiendo que las leyes de la física clásica que rigen en el mundo macroscópico no se cumplen en el ámbito microscópico del átomo.

El encargado de zanjar prácticamente la cuestión que nos ocupa fue el joven físico danés Niels Bohr, contaba 28 años a la sazón, quien en 1913 haciendo gala de un sorprendente poder de intuición propuso su postulado: un electrón puede girar indefinidamente alrededor de un núcleo sin radiar energía mientras se mantiene en una misma órbita. Más aún, no cualquier órbita puede ser recorrida por el electrón, sino tan sólo algunas privilegiadas, las órbitas "permitidas".



Quinta nota del padre Ricardo J. Cocito, con la que cierra la primera parte del tema de sus notas, dedicadas a introducirnos en el mundo de la era nuclear.

Este postulado revela, además, la osadía del pensador, pues se levantaba en contradicción con el hasta entonces dominante modo de pensar en física, el completo y bien perfilado castillo de la física clásica. Uno de sus cimientos fundamentales era derribado: el del continuismo. El átomo no puede pasar de un estado energético a otro de una manera continua, sólo le son permitidos estados discretos de energía correspondientes a las órbitas permitidas. La emisión de energía por el átomo se efectuaría, no de acuerdo a las leyes maxwellianas, sino al saltar el electrón de un nivel superior a otro inferior de energía, de una a otra de las órbitas permitidas.

Bohr se contentó, frente a sus adversarios, con señalar la bondad y la fecundidad de su modelo. Este se adaptaba a los resultados experimentales ya de mucho antes observado: el espectro de la energía emitida por los gases monoatómicos está constituido por líneas y no por bandas, lo que traduce los saltos discretos de energía. La capacidad de la teoría de Bohr para dar explicación del origen de las líneas espectrales del hidrógeno se cuenta como uno de sus más espectaculares logros.

La idea de la cuantificación de la energía había ya sido expuesta por primera vez a principios de siglo por el pionero de la física cuántica, Max Planck, para resolver el conflicto provocado por la "catástrofe ultravioleta", y cinco años más tarde Albert Einstein la aplicó con todo éxito para explicar el efecto fotoeléctrico. Ambas especulaciones habían quedado circunscriptas a la cuantificación de la radiación electromagnética, Bohr las extendió hasta la fuente de la misma radiación: el átomo excitado.

## EXCITACION ATOMICA

De ordinario el átomo se halla en su estado fundamental, de energía mínima. Un medio de excitarlo consiste en provocar una colisión con otra partícula, de modo que parte de la energía cinética de ambas sea absorbida por el átomo pasan-

do a un nivel superior de energía. Excitado de esta manera, el átomo volverá a su estado fundamental en tiempo medio de 0,000.000.01 de segundo, emitiendo uno o varios "fotones" (porción de energía definida por Einstein para poder explicar el efecto fotoeléctrico). Prácticamente, al producir una descarga eléctrica a través de un gas enrarecido fuerzas eléctricas aceleran a los electrones e iones presentes hasta que su energía cinética es suficiente para excitar a los átomos que entran en colisión con ellos. Los letreros luminosos de neón y las lámparas de vapor de mercurio son ejemplos cotidianos de cómo un fuerte campo eléctrico aplicado entre los electrodos de un tubo, conteniendo un gas enrarecido, conduce a la emisión de la radiación característica del gas. Luz rojiza en el caso del neón y azulada en el del mercurio.

En la descripción precedente he puesto especial cuidado en no mencionar las órbitas del electrón que, según Bohr, corresponden a los distintos niveles de energía. A la verdad, podríamos decir, que Bohr tan sólo remendó el átomo de Rutherford, reteniendo todavía la ida abstracta de las órbitas, de tal modo que combinando las ideas clásicas —órbita y partícula— con las modernas —cuantificación de la energía— dio respuesta a algunos interrogantes dejados abiertos por el modelo de Rutherford.

Es este el momento más oportuno, me parece, para reflexionar sobre el alcance de las teorías científicas dentro de la esfera de la verdad. Esto es lo que llaman los filósofos un análisis epistemológico para tratar de descubrir y distinguir en ellas los elementos superfluos de los valederos. Traigamos bajo la lupa de nuestra crítica las "órbitas de los electrones", idea propuesta por Rutherford y mantenida por Bohr. ¿Es necesario este elemento de la teoría para explicar los experimentos que la hicieron brotar? Los resultados de los bombardeos de las hojuelas metálicas por las partículas alfa exigen tan sólo que un gran vacío "llene" el átomo, pero nada, absolutamente nada indican acerca de las "órbitas de



los electrones". ¿Cuál fue, pues, el origen de tal idea en la mente de Rutherford? Evidentemente la idea abstracta abstraída de las órbitas planetarias alrededor del sol. Y la misma idea persistió en la mente de Bohr aún cuando las líneas espectrales, cuya explicación pretendía con su nuevo modelo, nada tampoco decían de "órbitas electrónicas". Ese elemento, a no dudar, es un elemento superfluo subrepticamente deslizado para ayudar a nuestra inteligencia que se halla más a gusto cuando piensa sobre una imagen sensible.

## LA NUEVA FISICA

El contento llevado a los espíritus por el modelo de Bohr pronto se fue desvaneciendo ante los no pocos interrogantes todavía sin contestación: ¿cómo explicar el espectro de átomos más complejos con dos o más electrones? ¿Por qué algunas líneas espectrales son más intensas que otras? ¿Cómo explicar el hecho de que muchas líneas se componen realmente de varias líneas separadas cuya longitud de onda difiere ligeramente? ¿Cómo interactúan los átomos entre sí para crear conjuntos macroscópicos de materia con las propiedades física y químicas que se observan? A principios de la época del 20 todos estos interrogantes bullían en el gremio de los físicos teóricos. Un artículo de Ortega y Gasset titulado "Bronca en la Física" deja entrever hasta qué punto se levantaron las disensiones entre los afeerrados a las ideas de la física clásica y la nueva generación que propugnaba por llevar hasta sus últimas consecuencias el renuevo que apuntaba a través de las ideas de cuantificación y relatividad. Más aún, se pensó que no sólo el modelo atómico clásico de Rutherford emparchado por Bohr había de ser definitivamente abandonado, sino también cambiar radicalmente el enfoque de la física del microcosmos. Siendo la física una ciencia experimental, ¿qué razón, qué justificación podía tener la introducción en el mundo subatómico de las nociones intuitivas adquiridas en la experiencia de la vida diaria, abstraídas del macrocosmos? Al electrón ni a su órbita nadie lo ha visto ni experimentado, ¿por qué, pues, mantener los conceptos de partícula "pura" y "trayectoria" de la misma dentro del seno del átomo? El terreno para un cambio radical estaba bien abonado. El nuevo enfoque fue propuesto en los años 1925-26 casi simultáneamente por dos físicos. El austríaco Erwin Schroedinger, haciendo uso de los entes matemáticos llamados "operadores", desarrollo la "mecánica ondulatoria", y Werner Heisenberg, joven alemán de 24 años, por medio del cálculo matricial, dio forma a la "mecánica cuántica". Ambas son equivalentes. Para la nueva física las partículas elementales (electrón, protón, neutrón) no son aquellas diminutas bolitas de billar que se imaginaba la física clásica. Consiguientemente las leyes de la mecánica, que establecen de una manera clara y precisa el curso de las bolas de billar, no son apli-

cables sin más ni más a las partículas elementales. Qué son exactamente en la realidad esas partículas elementales, qué propiedades poseen en realidad, es cosa que sencillamente escapa a nuestra capacidad imaginativa. No podemos tener ideas exactas y claras sobre ellas. Y como ya no podemos decir qué son realmente esas partículas elementales, por eso tampoco podemos predeterminar de manera clara y precisa cómo se comportarán en estas o aquellas circunstancias. Heisenberg ha demostrado con exactitud matemática que semejante cálculo anticipado, claro y preciso ya no será jamás posible dentro del campo de la microfísica, y esto es lo que se conoce con el nombre de "relación de imprecisión de Heisenberg". En la microfísica únicamente serán ya posibles las afirmaciones estadísticas, o sea, solamente se podrá afirmar con qué **probabilidad** sucederá esto o lo otro.

## DOBLE NATURALEZA DE LAS PARTICULAS ELEMENTALES

Esta insuficiencia de nuestro conocimiento de las partículas elementales se expresa frecuentemente diciendo que las partículas elementales tienen una "**doble naturaleza**". Con ello se quiere dar a entender lo siguiente: en una determinada serie de experimentos, estas partículas elementales se comportan realmente como diminutas bolitas, y en este sentido se habla de la naturaleza corpuscular de estas partículas elementales. En otra serie distinta de experimentos estas mismas partículas se comportan de forma completamente distinta, como si fueran "ondas", y en este sentido se habla de la naturaleza ondulatoria de los electrones, protones, neutrones, etc.

Ahora bien, una cosa es evidente, un electrón, por ejemplo, no puede ser al mismo tiempo una partícula real y simultáneamente una onda verdadera. Una partícula real y una onda verdadera tienen propiedades completamente diferentes, y a veces precisamente contrarias. Por consiguiente, sólo podemos decir que un electrón o un protón o un neutrón en realidad no son ni una auténtica partícula ni una onda auténtica, sino que tienen propiedades que escapan sencillamente a nuestra capacidad representativa o imaginativa, y como consecuencia de esta carencia de los correspondientes conceptos exactos hemos de ayudarnos bien sea imaginando una partícula o una onda para poder describir de alguna manera, con mayor o menor propiedad, el comportamiento que observamos en un electrón.

## OBJETO FORMAL DE LA FISICA

Esta carencia de conceptos exactos para los sillares del mundo material ha inducido inclusive a un cambio en el enfoque de la Física. ¿Qué es en sí mismo, como está constituido el ser dotado de cantidad y actividad? Era la pregunta formulada dentro de la Física Clásica. En cambio ahora

podemos leer en el libro "Optik und Atomphysic" del destacado físico Robert W. Pohl: "La pregunta acerca de la naturaleza de una onda o un corpúsculo —¿qué son esos entes en sus íntimas realidades?— no tiene para el físico ningún sentido, ella es algo vacío para él".

El físico actual se limita a afirmar lo que el experimento le muestra. A partir de ese dato experimental, por medio del cual se puso en contacto con la realidad, y mediante laboriosos e intrincados desarrollos matemáticos desemboca en predicciones que han de ser sometidas a la verificación experimental. **El modelo atómico** sensible —sea el de Thomson, el de Rutherford o el de Bohr— **no tiene ya lugar**. El nuevo enfoque ha quedado establecido por la aplicación de la mecánica cuántica u ondulatoria a problemas relacionados con los átomos, núcleos, moléculas y materia en el estado sólido. El éxito ha sido la respuesta. El empleo de los postulados de la física moderna ha hecho comprender un extenso conjunto de datos experimentales, de otra manera enigmáticos, y —un atributo esencial de cualquier teoría— condujo a predicciones de exactitud notable.

### ¿QUE ES MATERIA?

Fácil de preguntar, difícil de responder, justamente porque en el ámbito de la microfísica falla

toda nuestra imaginación. Quizás sería mejor decirlo de este modo: la materia física es algo real, algo que existe, independiente de si pensamos en ello, más allá no tiene vida ni es capaz de pensar.

Conviene acentuar la realidad de la materia. Habíamos visto que el imaginarse ondas y corpúsculos no refleja las verdaderas propiedades de las partículas elementales. Al utilizar estas imágenes se atribuyen a las cosas microfísicas propiedades que en realidad no poseen. Esta inadecuación llevó al concepto de que la misma materia no posee absolutamente ninguna propiedad que "en sí" le correspondería. Así se cree que las partículas elementales en realidad "existen" solamente cuando las observamos en nuestros instrumentos de medición y que poseerían sólo aquellas cualidades que estamos midiendo en un momento dado. Este concepto de ninguna manera es tan "tonto" como podría parecer a primera vista. Pero, por otra parte, hay que tener en cuenta lo siguiente: sea lo que fueren sus propiedades, sin embargo, no podríamos medir ni calcular nada si no existiera realmente algo que es independiente de nuestras observaciones. De modo que la materia existe aun cuando no pensemos en ella. Qué es en definitiva, por ahora nadie puede saberlo.

Ricardo J. Cocito S. J.

## C. O. I. P:

Centro de Orientación del Instituto de  
Psicopedagogía de la Universidad  
del Salvador

Departamentos:

Psicoterapéutico

Orientación Vocacional

Psicopedagógico.

Viamonte 877, 1er. piso, dto. 5

T. E. 392-2002 Buenos Aires

Horario: 15 a 20 horas



**GUILLERMO  
A. PEÑA & HNO. S.A.**

INMOBILIARIA COMERCIAL Y  
FINANCIERA

ADMINISTRACION  
Y COMPRA VENTA  
DE PROPIEDADES

**PERU 631**

Tel. 30-2521